ЗШ

УДК 004.93, 004.89

И.П. Шумский, Е.С. Матусевич, Р.В. Телятников, Е.И. Степанькова
ООО "Регула", Республика Беларусь, г. Минск
Беларусь, г. Минск, ул. Волоха 1-314, *ivan.shumsky@regula.by, katsiaryna.harshkova@regula.by, raman.tsialiatnikau@regula.by, KVayavodava @regula.by*

Обнаружение и верификация оптико-переменных объектов на документах, удостоверяющих личность

I.P. Shumsky, E.S. Matusevich, R.V. Telyatnikov, E.I. Stepankova
Ltd. «Regula», the Republic of Belarus, Minsk
Regula ltd. Republic of Belarus, Minsk, Volokha, 1-314

Detection and Verification of Optical Variable Objects on the Identity Documents

І.П. Шумський, Е.С. Матусевич, Р.В. Телятников, Е.І. Степанькова
ТОВ «Регула», Республіка Білорусь, м. Мінськ
Республіка Білорусь, м. Мінськ. вул. Волоха, 1-314

Виявлення та верифікація оптико-змінних об'єктів на документах, які засвідчують особистість

Рассмотрена задача верификации оптико-переменного объекта путем обнаружения изменения его цвета и проверки дополнительных характеристик, таких как размер, контраст, яркость. Для детектирования объекта используется корреляционный анализ. Для работы с цветом используется цветовая модель HSL. Выработан критерий оценки различия цветов. Верификации оптико-переменного объекта необходима для установления подлинности документов, удостоверяющих личность.
Ключевые слова: цветовая модель, цветовой тон, изменение цвета, проверка подлинности.

The problem of the verification of optically variable objects by detecting their color changing and checking additional characteristics such as size, contrast, brightness has been considered. To detect an object, the correlation analysis has been carried out. HSL model is used to work with the color. The evaluation criterion of colors differences iss developed. The verification of optically variable objects is needed to establish the authenticity of ID documents.
Key Words: color model, color tone, color changing, verification.

Розглянута задача верифікації оптико-змінного об'єкта шляхом виявлення змін його кольору та перевірки додаткових характеристик – розміру, контрасту, яскравості. Для виявлення об'єкту використовується кореляційний аналіз, для роботи з кольором – кольорова модель HSL. Розроблено критерій оцінки різниці кольорів. Верифікація оптико-змінного об'єкта необхідна для встановлення істинності документів, які засвідчують особистість.
Ключові слова: кольорова модель, колірний тон, зміна кольору, перевірка достовірності.

Введение

Одним из способов автоматической проверки подлинности документов, удостоверяющих личность, является верификация оптико-переменного объекта по его фотографическим изображениям. Под объектом понимается изображение, выполненное

специальными красками, меняющими цвет в зависимости от угла зрения или от угла освещения. Если изменения цвета объекта не наблюдается, то можно сделать вывод о том, что документ поддельный. Для человеческого глаза это не составляет большого труда. Человек смотрит на изображение под одним углом зрения и видит, например, красный цвет, далее, меняя угол зрения, видит, например, зелёный цвет (рис. 1), и, зная, что на данном типе документов объект имеет именно такие цвета, он делает вывод, что документ подлинный.



Рисунок 1 – Изображение паспорта с оптико-переменным объектом

Чтобы заставить машину решить такую тривиальную для человека задачу, требуется ответить на ряд вопросов:

– в какой цветовой модели работать?
– что понимать под цветными пикселями?
– каким может быть разброс цвета?
– какие цвета считать разными?

Однако для полной проверки недостаточно только проверить изменение цвета. Необходимо проверить и сам цвет объекта, его контраст, яркость, размер и форму.

Целью данной работы является разработка алгоритма верификации оптико-переменного объекта на фотографическом изображении паспорта.

Обнаружение оптико-переменного объекта

Сначала необходимо сдетектировать объект на документе. Проще всего его обнаружить на фотографическом изображении, отснятом в инфракрасном свете (рис. 2). Здесь объект обязательно должен быть виден и контрастировать на фоне, в противном же случае, это подделка. Для каждого типа паспорта есть свой оптико-переменный объект, поэтому необходимо сохранить эталон. Далее с помощью эталонного изображения идёт поиск на изображении подобного объекта с помощью техники **Template matching (сопоставление с эталоном)**. Здесь рассчитывается **нормализованный коэффициент корреляции** между эталоном и изображением [1]:

$$R_{ccoeff_normed}(x, y) = \frac{R_{ccoeff}(x, y)}{Z(x, y)}, \quad (1)$$

$\mathbf{R_{ccoeff}}$ – коэффициент корреляции;

Z – коэффициент нормализации, полученный при перемножении среднеквадратичных отклонений исходного изображения и эталона.

$$R_{ccoeff}(x, y) = \sum_{x', y'} [T'(x', y') \cdot I'(x + x', y + y')], \quad (2)$$

T’ – эталон, полученный при вычитании из неё математического ожидания;

I’ – изображение, полученное при вычитании из него математического ожидания.

$$T'(x',y') = T(x',y') - \frac{1}{(w \cdot h)\sum_{x'',y''} T(x'',y'')}, \qquad (3)$$

T – эталон;

$w \cdot h$ – размеры эталон.

$$I'(x+x', y+y') = I(x+x', y+y') - \frac{1}{(w \cdot h)\sum_{x'',y''} I(x+x'', y+y'')}, \qquad (4)$$

I – исходное изображение.

$$Z(x,y) = \sqrt{\sum_{x',y'} T'(x',y')^2 I'(x+x',y+y')^2}. \qquad (5)$$

При полном совпадении результат равен 1.

По результатам статистики было установлено пороговое значение коэффициента корреляции, при котором объект считается найденным. *Коэффициент должен составлять не менее 0,89*.



Рисунок 2 – Изображения паспорта в белом (слева) и инфракрасном (справа) свете

Выбор цветовой модели

Нужно выбрать такую цветовую модель, которая лучше других подходит для детекции изменения цвета оптико-переменного объекта. Ещё одним условием является устойчивость к изменению яркости изображения, так как для получения изображения могут использоваться разные камеры и различные условия освещения.

В зависимости от поставленной задачи могут использоваться аддитивные (RGB), субтрактивные (CMY) и перцепционные (HSL, HSV) цветовые модели. Каждая из них хороша в определенной области задач, поэтому однозначного предпочтения какой-то из них отдать нельзя.

RGB и CMY – довольно распространенные модели. Первая часто используемая в приборах, излучающих свет, таких, например, как мониторы, проекторы и другие подобные устройства, вторая – для печати [2]. Для данной задачи они не подходят, потому как такие понятия, как цветовой тон и насыщенность, для данных моделей являются расчётными величинами и определяются значениями всех трёх компонент. Ещё один недостаток – отсутствие отдельной составляющей по яркости.

HSL и HSV хорошо приспособлены для описания цветов таким образом, как это свойственно человеку. Глядя на окрашенный объект, человеку проще его описать с помощью цвета, яркости и насыщенности, что и делают данные цветовые модели [3]. Несомненным преимуществом данных моделей при построении алгоритмов обработки изображений является простота понимания, поскольку в их основе лежит естественное и интуитивно близкое человеку описание цвета, а ведь именно человек в конечном счёте является и разработчиком, и пользователем этих алгоритмов. Цветовой тон, который характеризует собственно цвет (чистый желтый, оранжевый, красный и т.д.), обе модели описывают одинаково, поэтому в данном случае не важно, какую модель использовать. К достоинствам этих моделей можно также отнести и то, что за цветовой тон отвечает лишь одна компонента, что значительно упрощает вычисления, а также довольно простой переход из пространства RGB. При переводе значений из RGB в HSV или HSL общее количество возможных цветов уменьшается, и их становится из 16 млн всего 3 млн. Однако применительно к нашей задаче это не является недостатком, ведь когда человек смотрит на изображение оптико-переменного объекта, ему надо выделить основной цветовой тон, не вдаваясь в детали, поэтому он обобщает цвет объекта.

Lab – равноконтрастная модель с точки зрения человеческого восприятия. Однако человеческое восприятие, и то, что видит камера, – это не одно и то же. Системы HSL, HSV получаются прямым преобразованием из RGB, т.е. отражают то, что видит камера. В то время как при получении Lab производится пересчёт сначала в XYZ, а потом уже в Lab, и тем самым вносятся искажения в исходные данные. К тому же формулы перевода в Lab верны при использовании стандартизованного CIE D65 дневного источника освещения [4], а значит, подсветка, используемая при получении изображений, также будет вносить искажения.

Исходя из описанных выше рассуждений, была выбрана именно модель HSL.

Что считать «цветным»?

Наиболее натренированные наблюдатели способны различать по цветовым тонам 160 цветов, по насыщенности – 25, по светлоте – не более 64 [5].

Если взять два совершенно разных цветовых оттенка с низкой насыщенностью, то человеческий глаз увидит серые цвета, и определить цветовой тон уже не сможет (рис. 3). То же самое происходит при низкой светлоте (рис. 4), а при высокой светлоте получаются бледные оттенки, близкие к белому, для которых определить цветовой тон также не представляется возможным для человека (рис. 5). А задача состоит в том, чтобы обнаружить изменение цвета, которое видно человеческому глазу.

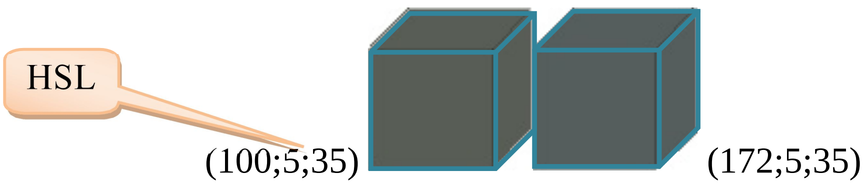


Рисунок 3 – Изображение объектов в системе HSL с низкой насыщенностью, но разным цветовым тоном

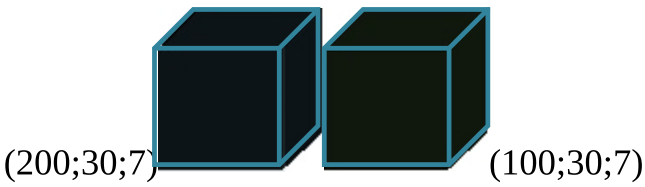


Рисунок 4 – Изображение объектов в системе HSL с низкой светлотой, но разным цветовым тоном

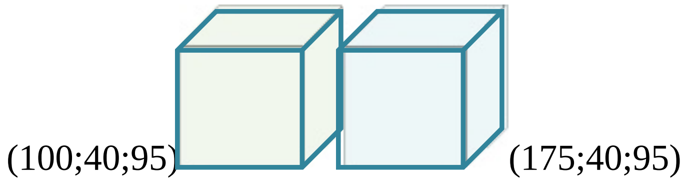


Рисунок 5 – Изображение объектов в системе HSL с высокой светлотой, но разным цветовым тоном

Поэтому после перехода в цветовую модель HSL нужно оставить лишь те пиксели, изменение цвета которых уловимо для человеческого глаза. *Опытным путём было получено, что если насыщенность< 10%, а светлота <15% или >85%, то такие пиксели нужно отбросить из рассмотрения, следовательно, оставшиеся пиксели будут считаться цветными.*

Определение цветового тона

На следующем шаге нужно определиться с разбросом цветового тона. Для этого необходимо построить его гистограмму. На рисунке 6 видно, что гистограммы цветового тона отличаются.

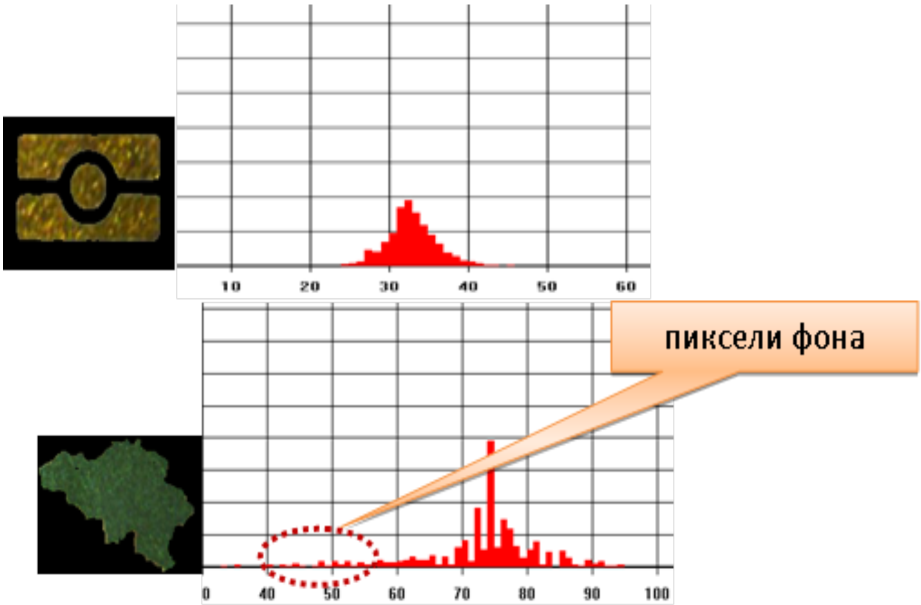


Рисунок 6 – Гистограммы цветового тона разных оптико-переменных элементов

К сожалению, при выделении мелких деталей, в результирующем изображении могут присутствовать и пиксели фона, что конечно влияет на величину цветового разброса.

Был проведён анализ оптических свойств оптико-переменных объектов на большом числе образцов документов. По результатам оценки гистограмм цветового тона было установлено, что диапазон значений по данной цветовой составляющей для одного элемента может составлять от 14 до 56 градусов. На ширину данного диапазона помимо оптических свойств элемента влияет цвет фона, полностью избавиться от которого на этапе выделения объекта не всегда представляется возможным. Поэтому было введено понятие цветового окна – это диапазон минимальной ширины, в который попадает не менее 75% от общего числа всех цветных пикселей. Человек видит цвет элемента и оценивает его усреднённое значение, а машина вычисляет цветовое окно. В случае если 75% пикселей распределено в интервале большем, чем цветовое окно, считается, что элемент не имеет равномерного цвета, что является отклонением от стандарта. Поэтому данные элементы считаются поддельными.

Критерий различия цветового тона

Теперь необходимо определиться, что считать разными цветами. На рис. 7 отчётливо видно, что гистограммы оптико-переменного элемента, отсканированного под разными углами освещения, не перекрываются, что говорит о возможности их уверенного различия по цветовому тону.

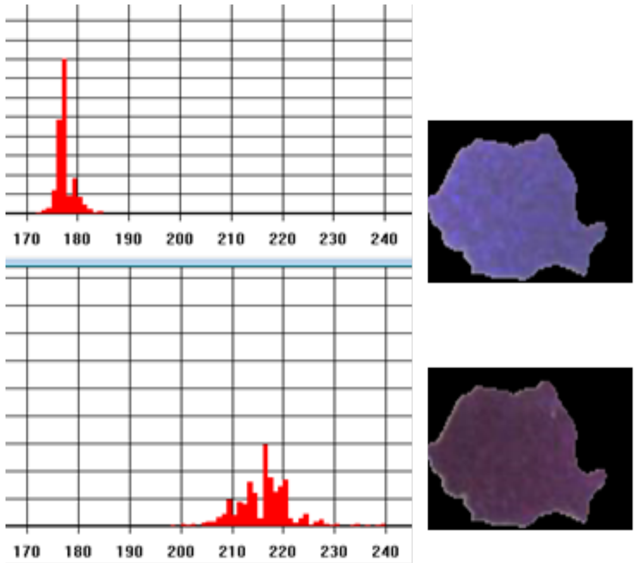


Рисунок 7 – Гистограммы цветового тона одного оптико-переменного элемента под разным углом освещения

Также могут быть варианты, где гистограммы перекрываются на 5 – 10% от площади всех цветных пикселей (рис. 8). По результатам оценки степени пересечения гистограмм цветовых тонов было принято решение считать цвета различными в случае, если площадь пересечения составляет не более 15% от количества всех цветных пикселей.

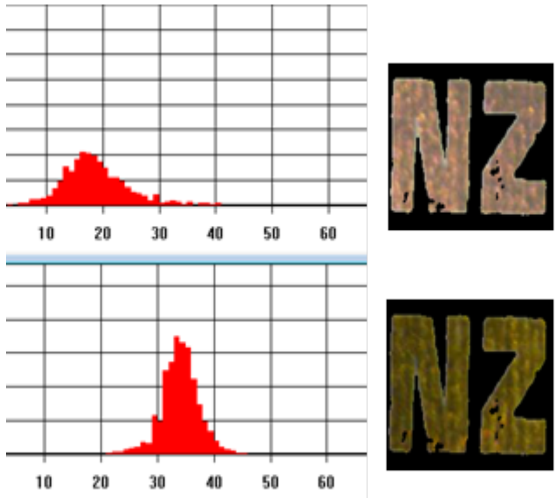


Рисунок 8 – Перекрывающиеся гистограммы цветового тона одного оптико-переменного элемента под разным углом освещения

Проверка дополнительных характеристик объекта

Оптико-переменный объект должен по размерам, яркости и контрасту точно совпадать с эталонным объектом. Для этого проводится обучение на образцах документов одного типа паспорта и в результате рассчитывается средняя яркость, размер (площадь) и контраст (разница между максимальной и минимальной яркостью пикселей фона и оптико-переменного объекта) исследуемого объекта. Также нужно сохранить среднее значение

для самого цветового тона. Всё это необходимо для того, чтобы обнаружить подделку, так как оптико-переменный объект может отличаться по цвету под разным углом зрения, но цвета могут быть не эталонные, объект может быть не виден в инфракрасном свете, может быть меньше или больше эталонного, светлее фона. Это надо учитывать при проверке подлинности документа, удостоверяющего личность.

Выводы

В работе была рассмотрена задача автоматической проверки подлинности документа, путём верификации оптико-переменного объекта. Был предложен метод решения данной задачи, основанный на анализе и сравнении гистограмм цветового тона с использованием модели HSL.

Также были рассмотрены вопросы определения допустимых параметров цветных пикселей, таких как величина разброса цветового тона, минимально допустимые значения яркости и насыщенности.

Данный метод показал свою эффективность и был внедрен в существующую систему проверки подлинности документов (http://www.regula.ws/index.php?ml=ru&id=28).

Литература

1. Bradski, G. Learning OpenCv. O'Reilly Media. / G. Bradski, A. Kaehler. – September, 2008. – P. 576.
2. Корабельникова Г. Цвет и цветовые модели. http://www.woweb.ru/publ/22-1-0-144. – 2008.
3. Гонсалес Р. Цифровая Обработка Изображений. Техносфера / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – Москва, 2006. – 432 с.
4. Mark D. Fairchild. Color Appearance Models / Mark D. – [2nd Edition]. John Wiley & Sons, 2005. – 408 p.
5. Прохоров А.М. Физическая энциклопедия / Прохоров А.М. – Москва : Советская энциклопедия, 1988. – Т. 5. – 420 с.

Literatura

1. Bradski, G., Kaehler, A. Learning OpenCv. O’Reilly Media. September. 2008. P. 576.
2. Korabelnikovva G. Cvet I cvetovye modeli. http://www.woweb.ru/publ/22-1-0-144. – 2008.
3. Gonsales R., Vuds R. Cifrovaja obrabotka izobrazhenij. Tehnosfera.Moskva. 2006. 432s.
4. Mark D. Fairchild. Color Appearance Models, 2nd Edition. John Wiley & Sons. 2005. 408 p.
5. Prohorov A.M. Phizicheskaja enciklopedija. Moskva, Soveckaja enciklopedija. 1988. T. 5. 420s.

RESUME

I.P. Shumsky, E.S. Matusevich, R.V. Telyatnikov, E.I. Stepankova

Detection and Verification of Optical Variable Objects on the Identity Documents

This article describes a solution to the problem of the verification of optically variable objects by detecting their color changing and checking additional characteristics such as size, shape, contrast, brightness. This check is required to establish the authenticity of ID documents.

To detect an object, the correlation analysis is carried out. As the color tone corresponds to one component only, which simplifies the calculations significantly, HSL model is chosen to work with the color.

The optical properties of optically variable objects were analyzed on a large number of samples. The evaluation results of the hue histograms showed that besides optical properties of an element, the range width of the histogram values is affected by the color background. It is not always possible to remove the color background when selecting the object. The evaluation criterion of color differences was developed. It is based on the analysis and comparison of the hue histograms.

Статья поступила в редакцию 01.06.2012.